



Facultad de Veterinaria  
**Universidad** Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Efecto de la adición de concentrados de pescado sobre las propiedades físicas  
y tecnológicas de la pasta

Effect of addition of fish concentrates on the physical and technological  
properties of pasta

Autor

Sergio Roldón Hernández

Directores

José Antonio Beltrán Gracia

Juan Benito Calanche Morales

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. El pescado como alimento .....	3
1.2. Pastas alimenticias .....	4
1.3. Calidad y aspectos tecnológicos de la pasta.....	6
1.4. Alimentos enriquecidos .....	7
1.5. Pasta enriquecida con pescado como alimento funcional.....	7
2. JUSTIFICACIÓN .....	9
3. OBJETIVOS .....	10
4. METODOLOGÍA.....	11
4.1. Caracterización de las pastas enriquecidas con pescado.....	11
4.2. Estudio de los tiempos de cocción óptimos. ....	12
4.2.1. Determinación instrumental: test de corte Warner-Bratzler .....	13
4.2.2. Método visual.....	14
4.3. Análisis de perfil de textura (TPA).....	14
4.4. Medida del color .....	15
4.5. Parámetros de calidad tecnológica.....	16
4.5.1. Ganancia en peso e hidratación. ....	16
4.5.2. Pérdidas por cocción .....	17
4.5.3. Humedad .....	17
4.6. Análisis estadístico.....	17
5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
5.1. Estudio de los tiempos de cocción óptimos .....	18
5.2. Análisis del perfil de textura (TPA).....	21
5.3. Medida del color .....	25
5.4. Parámetros de calidad tecnológica.....	29
5.4.1. Ganancia en peso e hidratación .....	29
5.4.2. Pérdidas por cocción .....	31
5.4.3. Humedad .....	32
6. CONCLUSIONES .....	34
7. APORTACIONES EN MATERIA DE APRENDIZAJE .....	36
8. BIBLIOGRAFÍA .....	37

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el efecto de la incorporación de concentrados de pescado sobre la calidad de pastas alimenticias con el objetivo de evaluar su viabilidad tecnológica y comercial. A tales efectos, se analizaron dos formulaciones de pasta suplementadas con concentrados de pescado (*D. labrax*) tanto secas como frescas, en las cuales también se ensayó el uso o no de un antioxidante natural (*R. officinalis*). Con el fin de realizar una comparación y establecer la influencia de la adición de pescado sobre las pastas, se analizaron dos formulaciones análogas de pasta estándar (trigo duro y espelta). En primer lugar, se estimaron los tiempos de cocción óptimos para todas las pastas consideradas. A continuación, se realizaron en todas las pastas, previamente sometidas a sus tiempos de cocción óptimos, evaluaciones instrumentales del color, un análisis de perfil de textura y la determinación de propiedades de calidad tecnológica de interés. Los hallazgos obtenidos en el estudio indicaron que las pastas con pescado mostraron una disminución en la mayoría de sus propiedades texturales, a excepción de la adhesividad que fue notablemente más elevada con respecto a las pastas tradicionales. La adición de pescado también provocó ligeros cambios en el color de la pasta, aunque poco relevantes desde el punto de vista comercial. En cuanto a la calidad tecnológica de las pastas, se vio moderadamente afectada como consecuencia de la adición de pescado, presentando unas mayores pérdidas por cocción y menores ganancias en peso e hidratación. A pesar del efecto del concentrado de pescado sobre las propiedades físicas y tecnológicas, la pasta con pescado supone una buena alternativa para ofrecer un alimento con un perfil nutricional mejorado con una baja repercusión en la calidad del producto.

## ABSTRACT

The effect of incorporating fish concentrate on the quality of pasta was studied to evaluate its technological and commercial viability. For this purpose, two pasta formulations supplemented with fish concentrates (*D. labrax*), both dry and fresh, were analyzed. The addition or not of a natural antioxidant (*R. officinalis*) in pastas was also tested. In order to compare and establish the influence of adding fish in pastas, two similar formulations of standard pasta (durum wheat and spelt) were analyzed too. First, optimal cooking times were estimated for all pastas considered. Next, pastas were cooked in their optimal time and then instrumental evaluation of color, texture profile analysis (TPA) and determination of technological quality properties of interest were carried out. Findings obtained indicated that fish addition in pasta showed a decrease in most of its texture properties, except in adhesiveness, that was higher compared to traditional pasta. Supplementation of pasta with fish also caused slight changes in the color, although not very relevant from a commercial point of view. Regarding the technological quality parameters, they were moderately affected because of the addition of fish, showing higher cooking losses and lower weight and hydration gains. Despite the effect of fish concentrate on the physical and technological properties, pasta with fish seems to be a good option to offer an improved nutritional food with a low negative impact over product quality.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. El pescado como alimento

El pescado juega un papel fundamental en la nutrición humana, proporcionando al menos el 20% de la ingesta de proteína de un tercio de la población mundial, cuya dependencia es aún mayor en los países en vías de desarrollo (Bene, Macfadyen y Allison, 2007). Cuando se habla de pescado, se hace referencia a las especies comestibles de peces, moluscos y crustáceos procedentes tanto de agua dulce como salada, a través de la pesca o la acuicultura. Los peces vertebrados consumidos como alimento se clasifican en tres categorías. Por un lado, se encuentran los teleósteos (con esqueleto óseo), que en función de su composición se dividen en pescados magros o blancos y pescados grasos. La tercera categoría incluye a los cartilagosos, que no disponen de un esqueleto óseo (Ariño *et al.*, 2018).

Existe una amplia variedad de especies de pescado para consumo humano. La composición y valor nutritivo del pescado varían en función de diferentes factores como la especie, la edad, el hábitat, el tipo de alimentación y el momento de captura entre otros. En general, se trata de un alimento poco calórico, constituye una excelente fuente de proteínas de alto valor biológico y aporta micronutrientes esenciales, como vitaminas hidrosolubles y liposolubles y algunos minerales. También presentan contenidos considerables de ácidos grasos poliinsaturados, que desempeñan un papel fundamental en la salud humana (Martínez *et al.*, 2010).

La grasa del pescado es la principal responsable del valor energético de este alimento. En función del contenido graso los pescados se clasifican en magros (<3 %), semigrasos (3-5 %) y grasos (>5 %) (Martínez *et al.*, 2010). Los pescados magros son una buena fuente de vitamina A y D y acumulan grasa fundamentalmente en el hígado, mientras que los pescados grasos la contienen en el músculo, vientre y debajo de la piel, siendo su grasa más rica en ácidos grasos poliinsaturados y vitamina B que la del pescado magro (Ariño *et al.*, 2018). En tal sentido, cabe destacar que los ácidos grasos más abundantes son los poliinsaturados (PUFA), especialmente aquellos pertenecientes a la serie  $\Omega 3$ , principalmente ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) (Martínez *et al.*, 2010). Estos ácidos grasos no son sintetizados por el organismo, por lo que deben ser incorporados a través de la dieta (Verardo *et al.*, 2009). Diversos

estudios han demostrado que la ingesta de estos ácidos grasos se relaciona con una disminución de los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, disminuyendo la concentración de triglicéridos en el plasma, la agregación plaquetaria y la presión arterial (Tetens, 2010).

El pescado consumido a nivel mundial proviene fundamentalmente de dos sistemas de producción, que son la pesca de captura y la acuicultura. En el año 2016 la producción de pesca de captura fue de 90,9 millones de toneladas, de las cuales la pesca en aguas marinas representó el 87,2 % frente al 12,8 % relativo a aquella en aguas continentales. Por otro lado, la acuicultura, que es uno de los sectores de producción de alimentos que más crecimiento ha experimentado, juega un papel fundamental en la erradicación del hambre y la malnutrición a nivel global. Desde finales de la década de 1980, el desarrollo de la acuicultura ha propiciado un crecimiento sostenido en el suministro de pescado para consumo humano, alcanzando el 46,8 % de la producción total (pesca + acuicultura) en 2016, lo que supone un aumento del 25,7% tomando como referencia el año inicial -2000- del milenio (FAO, 2017).

España es uno de los países con mayor consumo de productos de la pesca del mundo. Durante el año 2017, los hogares españoles consumieron 1082,4 millones de kg de productos de la pesca, llegando a 23,7 kg de consumo y 196,7 euros de gasto per cápita. El mayor consumo se produjo en el caso del pescado fresco (10,6 kg/pc/año), lo que supuso un 44, % del consumo total de productos de la pesca, seguido de las conservas de pescados y moluscos y de los mariscos y moluscos frescos, con el 18,6 y el 14,8 % del consumo total respectivamente (Martín, 2016).

## **1.2. Pastas alimenticias**

Según lo establecido en el Decreto 2181/1975, las pastas alimenticias se definen como aquellos productos obtenidos por desecación de masa no fermentada elaborada con sémolas, semolinas o harina procedente de trigo duro, trigo semiduro, trigo blando o sus mezclas y agua potable. De acuerdo con esta ley, dentro de las pastas alimenticias existen diferentes tipos que dependen de sus características y composición. Así pues, en función de su contenido de humedad se distinguen entre pastas secas (humedad <12,5%) y pastas frescas (humedad comprendida entre 22 y 30%); o en función de su composición, según la cual pueden ser pastas simples o compuestas, a las que se incorporan otros ingredientes

entre los que se mencionan gluten, huevo, leche, tomate y espinacas. También, existen las pastas rellenas que contienen en su interior preparados alimenticios a base de diferentes ingredientes. Las pastas pueden elaborarse de diferentes formas y tamaños, pudiendo ser enroscadas, largas cortadas o laminadas.

Los ingredientes esenciales de la pasta son sémola de trigo (harina) y agua, aunque se pueden añadir otros ingredientes de manera opcional. El tipo de trigo más apropiado para la elaboración de productos de pasta es el duro (*Triticum turgidum ssp. durum*) ya que presenta unas propiedades únicas tales como el alto contenido de pigmento amarillo, una baja actividad de la enzima lipoxigenasa y un elevado contenido en proteína, en su mayoría gluten, que favorece una buena calidad de cocción de la pasta (Aalami *et al.*, 2007). Se trata de una de las variedades más duras de trigo y tras su molienda se obtienen partículas gruesas llamadas sémola, que resultan ideales para fabricar pasta (Morris, 2002). Tras mezclar la sémola con agua, se consigue una masa cohesiva que se puede moldear en diferentes formas por procesos de extrusión o laminación, dando lugar a una amplia variedad de productos (Pagani *et al.*, 2007).

Aunque el trigo duro es el ingrediente fundamental de la pasta al “estilo italiano”, cabe destacar que únicamente supone el 5% del trigo producido a nivel mundial. Por ello, para satisfacer la creciente demanda de este producto, también se elaboran pastas a partir de productos no convencionales, aunque se necesitan procesos adecuados y formulaciones equilibradas para compensar sus pobres propiedades tecnológicas. En tal sentido, se pueden encontrar pastas a base de otros cereales como la espelta o el trigo común, u otros ingredientes añadidos como harina de soja, garbanzo, maíz, etc. (Fuad y Prabhasankar, 2010).

La pasta es un alimento ampliamente consumido en todo el mundo debido a su sabor, versatilidad de uso, fácil preparación y propiedades de almacenamiento. Su consumo está recomendado por las guías dietéticas Mediterráneas, donde se considera un alimento fundamental (Krishnan y Prabhasankar, 2012). Durante el año 2017, el consumo de pastas en España fue de 4,1 kg per cápita con un gasto de 7,7 euros, siendo la pasta seca la más consumida. Durante los últimos 5 años la demanda de pasta se ha mantenido estable tanto en consumo como en gasto, aunque cabe destacar que la pasta fresca ha experimentado un aumento considerable (Martín, 2018).

### 1.3. Calidad y aspectos tecnológicos de la pasta

Las características de cocción de la pasta es uno de los parámetros más importantes para los consumidores y vienen determinadas por diferentes propiedades entre las que destacan el tiempo de cocción óptimo, la ganancia en peso e hidratación, las pérdidas durante la cocción y la textura (Ficco *et al.*, 2016). La calidad de la pasta y su comportamiento durante la cocción dependen de su estructura, definida como una matriz compacta constituida por gránulos de almidón hinchados, atrapados en una red de proteínas coaguladas. Una pasta con buen rendimiento de cocción se caracteriza por una elevada firmeza, bajo volumen, ausencia de pegajosidad y escasas pérdidas durante la cocción. Estas características determinan la tolerancia de la pasta a la cocción intensa (D'Egidio *et al.*, 1990).

El tipo de proteína presente en el grano de trigo afecta a las propiedades tecnológicas de la pasta. En este sentido, las proteínas del gluten son de especial importancia ya que confieren firmeza y elasticidad a la masa. La formación de la red proteica continua y estable durante las etapas de mezclado y extrusión determina la textura de la pasta. La textura se puede medir mediante paneles sensoriales o mediante métodos instrumentales objetivos. La evaluación sensorial se considera la prueba definitiva de la calidad de cocción de la pasta y es la referencia con la cual se comparan otros métodos. Sin embargo, con el fin de evitar la subjetividad de las medidas sensoriales, se emplean métodos instrumentales para evaluar su textura, la mayoría de ellos basados en la deformación de la muestra y el registro de la fuerza y el porcentaje de compresión (Sissons, 2004)

Además de la textura, el color es un atributo importante en la pasta ya que puede influir en la aceptación por parte del consumidor, que generalmente prefiere un color amarillo brillante cuando de pasta tradicional de sémola se trata. Este color amarillo estará condicionado por la cantidad de carotenoides presentes en el grano de trigo. La pérdida de dicho color en la pasta es causada por la lipoxigenasa que degrada los carotenoides, por ello la reducción de este enzima durante el procesado resulta de interés desde el punto de vista tecnológico y comercial. En este orden de ideas, cabe destacar que el color de la pasta dependerá de la mezcla de ingredientes que contenga, por ejemplo, salvado, pigmentos u oleaginosas, y por tal razón, es frecuente encontrar en el mercado pastas de



distintos colores tales como negro, verde, rojo y marrón entre otros (Sicignano *et al.*, 2015).

#### **1.4. Alimentos enriquecidos**

En las últimas décadas, las demandas de los consumidores han cambiado considerablemente. Los alimentos ya no se conciben únicamente para satisfacer el hambre y cubrir las necesidades nutricionales, sino también para prevenir enfermedades asociadas a la alimentación y mejorar el bienestar físico y mental de los consumidores (Betoret *et al.*, 2011). Como consecuencia de diversos factores sociales, la población ha aumentado el número de comidas realizadas fuera del hogar y se está extendiendo el consumo de las comidas preparadas, lo que dificulta la libre elección de los consumidores para llevar una dieta equilibrada. También cabe destacar el auge que están experimentando los productos diseñados para sectores específicos de la población (niños, ancianos, mujeres embarazadas, etc.) (Martínez *et al.*, 2008).

Debido a las razones anteriores, la industria alimentaria ha centrado sus esfuerzos en el desarrollo de nuevos productos que cumplan con las expectativas de los consumidores. En este sentido, los alimentos funcionales suponen una buena alternativa, pues contienen componentes, más allá de los nutrientes tradicionales, que provocan efectos beneficiosos para la salud (Granato *et al.*, 2010). La versión más clásica dentro del ámbito de los alimentos funcionales es la de los alimentos enriquecidos o fortificados, cuya función principal no es crear alimentos con propiedades diferentes, sino aumentar las propiedades nutricionales del alimento original para lograr un mayor aporte en la dieta. De manera original, estos alimentos se obtenían incrementando industrialmente la cantidad de uno de sus nutrientes, sin embargo, el término “enriquecido” se ha modificado, incluyendo la incorporación de otros nutrientes ajenos al propio alimento, por lo que la distinción entre “alimento funcional” y “alimento enriquecido” es difusa. (Martínez *et al.*, 2008).

#### **1.5. Pasta enriquecida con pescado como alimento funcional**

Los alimentos de origen marino constituyen un recurso muy importante para la obtención de ingredientes saludables y compuestos bioactivos tales como aceites, proteínas, péptidos, plancton y microalgas (Kadam y Prabhasankar, 2010). Sin embargo, el procesamiento industrial de los productos de la pesca genera una gran cantidad de

subproductos no comestibles o infrautilizados en muchas partes del mundo, que además requieren procesos costosos para su eliminación (Yan y Chen, 2015).

Los avances en biotecnología están permitiendo el aprovechamiento de los subproductos de la pesca para la obtención de componentes nutraceuticos y otros alimentos funcionales para la alimentación y la nutrición. Por otro lado, la pasta es un alimento fácilmente digerible que proporciona cantidades significativas de carbohidratos complejos, aunque presenta bajos contenidos en fibra, minerales y ácidos grasos esenciales. En este sentido, representa una excelente opción para incorporar diferentes nutrientes ya que se trata de un alimento muy popular debido a su bajo coste y fácil preparación y almacenamiento (Babuskin *et al.*, 2014).

El concentrado de pescado es un producto derivado del procesado del pescado, que representa una fuente barata de nutrientes de alta calidad y puede ser empleada en la dieta humana. Su incorporación en la pasta podría contribuir a aumentar su contenido en aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados, especialmente EPA y DHA (Oliveira *et al.*, 2015). Sin embargo, la incorporación de ingredientes crudos en la pasta afecta a sus propiedades físico-químicas y textura, lo que puede provocar un detrimento de su calidad (Liu *et al.*, 2016). En este sentido, existen diversos estudios científicos en los que elaboraron pastas enriquecidas con productos derivados del pescado. Así pues, algunos autores como Desai *et al.* (2018) evaluaron el efecto de la incorporación de diferentes fracciones de concentrado de pescado (*Pseudophycis bachus*) sobre las características físico-químicas de la pasta; Goes *et. al* (2016) desarrollaron pasta fresca suplementada con concentrado de proteína de tilapia. También se han evaluado las características nutricionales y físico químicas de pastas elaboradas con concentrado de carne de camarón (Kadam y Prabhasankar, 2012), concentrado de mejillón verde (*Perna canaliculus*) (Vijaykrishnaraj *et al.*, 2014) y pescado picado (*Catla mince*) (Lakshmi Devi *et al.*, 2013), entre otros.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, los consumidores son cada vez más conscientes de la influencia de la alimentación en la salud, especialmente en la prevención de ciertas enfermedades asociadas a la dieta. En este sentido, el pescado es valorado como un alimento nutritivo y saludable. Debido a su considerable contenido en ácidos grasos  $\Omega$ -3, el consumo de pescado se asocia con una disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares. El procesado industrial del pescado genera una gran cantidad de subproductos que en su mayoría no son aprovechados de manera eficiente. Estos subproductos constituyen un importante reservorio de compuestos de alto valor biológico, que presentan un elevado potencial para suplementar alimentos permitiendo el desarrollo de nuevos productos funcionales. En virtud de lo anterior y debido a su gran aceptación a nivel mundial, la pasta representa una excelente opción para la incorporación de pescado, contribuyendo a aumentar la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta, especialmente de la serie  $\Omega$ -3. Si bien es cierto que la adición de pescado supone un incremento del valor nutricional de la pasta, cabe destacar que sus propiedades físico-químicas y tecnológicas pueden verse afectadas provocando una modificación de su calidad. Por esta razón, uno de los aspectos tecnológicos más relevantes del desarrollo de pastas enriquecidas con concentrado de pescado es conseguir que la incorporación de dicho ingrediente altere en la menor medida posible las propiedades físicas y la calidad de las pastas tras su cocción; garantizando un producto con un perfil nutricional mejorado y sobre todo con la calidad adecuada y buena aceptación.

### **3. OBJETIVOS**

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de concentrados de pescado (*Dicentrarchus labrax*) sobre las propiedades físicas y tecnológicas de las pastas alimenticias. Para la consecución de este objetivo general se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

1. Establecer los tiempos de cocción óptimos para pastas suplementadas con concentrados de pescado y pastas estándar.
2. Evaluar el efecto de la adición de concentrados de pescado sobre la textura de las pastas cocidas.
3. Evaluar el efecto de la adición de concentrados de pescado sobre el color de las pastas cocidas.
4. Evaluar los parámetros de calidad tecnológica tanto en pastas suplementadas con concentrados de pescado como en pastas estándar, frescas y cocidas.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Caracterización de las pastas enriquecidas con pescado

Las pastas analizadas en el presente estudio fueron elaboradas en la Planta Piloto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria. Se elaboraron dos formulaciones diferentes de pastas enriquecidas con concentrados de pescado, presentadas en formato *fusilli* y envasadas en bolsas transparentes termosellables (250 x 350 mm). Una de ellas se elaboró con sémola de trigo duro (*Triticum durum*) y se suplementó con concentrado de músculo de pescado, denominándose “**Marina**”. En la segunda formulación, identificada como “**F10**”, se optó por una versión de pasta integral, a partir de harina de espelta (*Triticum spelta*) y concentrados de músculo y piel de pescado en proporción 1:3. Estas formulaciones se presentaron en dos formatos diferentes, pasta seca y pasta fresca (congelada). A su vez, para cada formato se plantearon dos tratamientos: sin antioxidante o control y con un antioxidante a base de extracto de romero (*R. officinalis*). Las formulaciones empleadas para la elaboración de ambos tipos de pasta se reflejan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Formulaciones empleadas para la elaboración de las pastas con concentrados de pescado.**

MARINA	(%)	F10	(%)
Sémola trigo duro ( <i>T. durum</i> )	64,5	Harina de espelta	55
Concentrado de carne de pescado	10	Salvado de espelta	10
Caldo de pescado	25	Concentrado de carne de pescado	7,5
Extracto de setas	0,5	Concentrado de piel	2,5
		Agua	25

Por otro lado, se elaboraron dos formulaciones de pasta estándar (sin concentrado de pescado) para comparar los resultados obtenidos con las muestras objeto de estudio. Una de ellas se elaboró únicamente a partir de sémola de trigo duro (75 %) y agua (25

%), denominada **Durum**. En la otra formulación (**Espelta**) se emplearon harina y salvado de espelta (60 y 15 % respectivamente) y agua (25 %).

En la Tabla 2 se muestran de manera específica todas las formulaciones analizadas en el presente estudio indicando su nombre abreviado, el tratamiento y la forma de conservación de cada una de ellas.

**Tabla 2. Pastas desarrolladas y sus distintas opciones de tratamiento y conservación**

CÓDIGO	TIPO	CONSERVACIÓN	TRATAMIENTO
<b>PASTAS ENRIQUECIDAS CON CONCENTRADO DE PESCADO</b>			
<b>MSC</b>	Marina	SECA	CONTROL
<b>MSA</b>	Marina	SECA	ANTIOXIDANTE
<b>MFC</b>	Marina	FRESCA	CONTROL
<b>MFA</b>	Marina	FRESCA	ANTIOXIDANTE
<b>F10SC</b>	F10	SECA	CONTROL
<b>F10SA</b>	F10	SECA	ANTIOXIDANTE
<b>F10FC</b>	F10	FRESCA	CONTROL
<b>F10FA</b>	F10	FRESCA	ANTIOXIDANTE
<b>PASTAS ESTÁNDAR</b>			
<b>DS</b>	<i>Durum</i>	SECA	-
<b>DF</b>	<i>Durum</i>	FRESCA	-
<b>ES</b>	Espelta	SECA	-
<b>EF</b>	Espelta	FRESCA	-

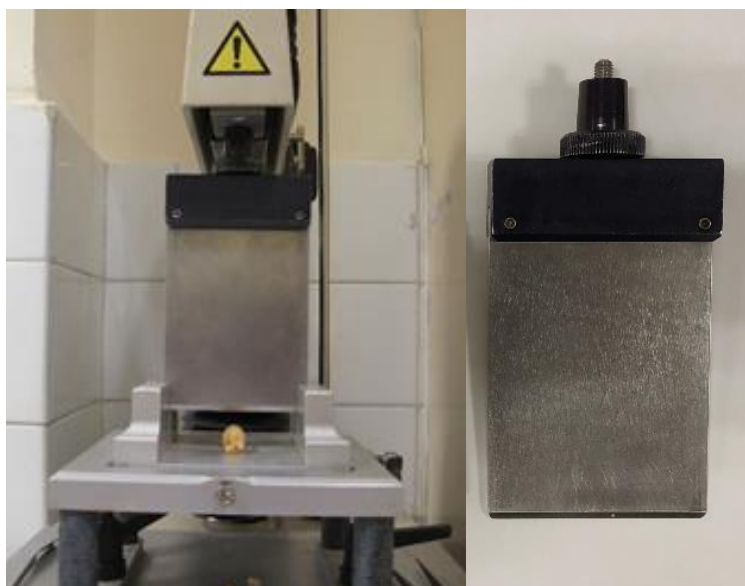
#### **4.2. Estudio de los tiempos de cocción óptimos.**

En primer lugar, se determinaron los tiempos de cocción óptimos para todas las pastas comprendidas en el estudio, con el objetivo de estandarizar las condiciones de los posteriores análisis realizados en las pastas cocidas. Para determinar el punto de cocción óptimo de cada una de las pastas se realizaron dos ensayos diferentes. Primeramente, se realizó un ensayo instrumental basado en un test de corte Warner-Bratzler. Por otro lado, se estimó dicho tiempo mediante una comprobación visual y se compararon los resultados obtenidos mediante ambos métodos.

#### 4.2.1. Determinación instrumental: test de corte Warner-Bratzler

La determinación instrumental del tiempo de cocción óptimo de las pastas se realizó utilizando un texturómetro (ANAME Instrumentación Científica, mod. TA-XT2i, Madrid, España) con una sonda Warner-Bratzler plana (Fig.2). Mediante un test de corte se determinó, por un lado, la firmeza de la pasta, descrita como la fuerza máxima para cortar la muestra (kg); y por otro, el esfuerzo de corte ( $\text{kg} \times \text{s}$ ). El ensayo se llevó a cabo configurando los siguientes parámetros en el texturómetro: velocidad pre-ensayo: 2 mm/s; velocidad de ensayo: 2 mm/s; velocidad post-ensayo: 10 mm/s; distancia de corte (15 mm); umbral de fuerza: 10 g.

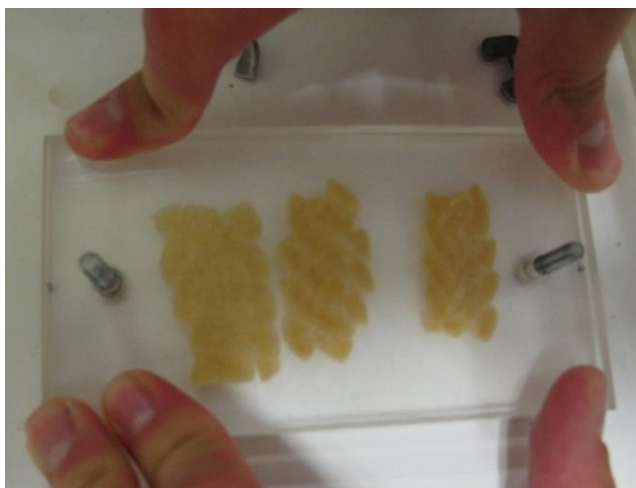
Para ello, se cocieron una determinada cantidad de *fusillis* ( $\approx 20$  g) en un vaso de precipitados con agua ( $\approx 200$  ml), se extrajeron en diferentes tiempos y se dejaron atemperar ( $\approx 15$  min) cubiertos con papel absorbente ligeramente humedecido para evitar su desecación. Se determinó la fuerza de corte de todos los tipos de pasta cada 30 s de cocción. Las pastas secas se midieron en un intervalo de tiempo de cocción comprendido entre 180 y 360 s (3 a 6 min) (a excepción de la pasta *Durum* seca, que se prolongó hasta 520 s) y las pastas frescas entre 30 y 180 s (0,5 a 3 min). Las medidas para cada tiempo de cocción se repitieron 7 veces.



**Fig.1** Texturómetro TA-XT2i y sonda Warner-Bratzler plana

#### 4.2.2. Método visual

De manera alternativa al método instrumental, se determinó el tiempo de cocción óptimo para cada una de las formulaciones de pasta siguiendo el método AACC 66-50.01. La cocción de la pasta se realizó tal y como se describió en el anterior apartado. Durante la cocción, un determinado número de *fusillis* ( $\approx 3-4$ ) fueron extraídos cada 30 s. Una vez atemperados ( $\approx 15$  min), se comprimieron utilizando dos placas de metacrilato transparente. El tiempo de cocción óptimo se estimó de manera visual, cuando el núcleo blanco de la pasta desapareció completamente (Fig.1). Debido a la incorporación de harina y salvado de espelta, las formulaciones F10 y Espelta presentaron un color más oscuro, por lo que este método no resultó satisfactorio. Por ello, para estas formulaciones, el tiempo de cocción óptimo se evaluó de manera visual efectuando un corte transversal en la pasta.



**Fig. 2 Prueba visual para estimación del tiempo óptimo de cocción**

#### 4.3. Análisis de perfil de textura (TPA)

Se llevó a cabo un análisis de perfil de textura (TPA) de todas las pastas cocidas utilizando un texturómetro (ANAME Instrumentación Científica, mod. TA-XT2i, Madrid, España) con una sonda cilíndrica plana de aluminio (5 cm). El análisis de perfil de textura consistió en la aplicación de dos ciclos de compresión con un tiempo de descanso entre ambas (descompresión) de 20 segundos, que permitió la determinación de diferentes propiedades de textura (dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, masticabilidad, gomosidad y resistencia). Las condiciones fijadas en el ensayo fueron las siguientes: velocidad de ensayo: 2 mm/s; deformación de la muestra: 75 %; umbral de



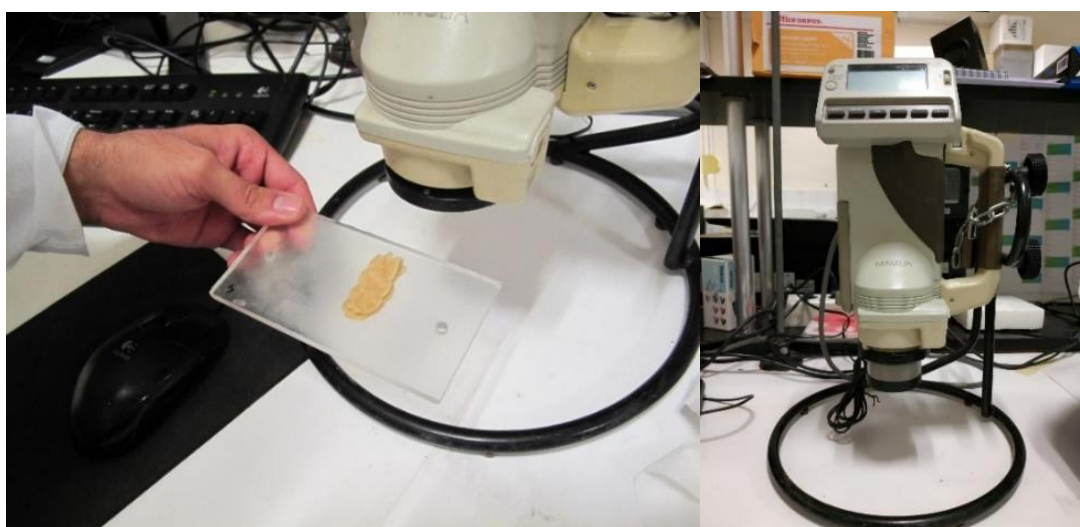
fuerza: 10 g. El perfil de textura se evaluó en todas las pastas cocidas a sus tiempos óptimos y atemperadas durante 15 min. Las medidas se repitieron 7 veces para cada pasta.

#### 4.4. Medida del color

La medida del color se realizó utilizando un colorímetro (Minolta, CM-2002, Japón) que fue previamente calibrado frente a un blanco estándar y frente a un negro. Para la caracterización de este parámetro se empleó el sistema CIEL\*a\*b, en el que se representa el color mediante el siguiente sistema de coordenadas:

- “L” representa la luminosidad, en una escala del 0 al 100. El 0 representa la luminosidad mínima, es decir el negro, y el 100 la luminosidad máxima o blanco.
- “a” (Índice de rojo) representa las tonalidades entre el rojo y el verde, siendo los valores negativos los correspondientes a las tonalidades verdes, y los valores positivos a las tonalidades rojas.
- “b” (Índice de amarillo) representa las tonalidades entre el amarillo y el azul, siendo los valores negativos los correspondientes a las tonalidades azules, y los valores positivos a las tonalidades amarillas.

Para una correcta medida del color y que fuese representativa, la lectura debería realizarse sobre una superficie y grosor adecuados; razón por la cual se usaron dos *fusillis* superpuestos y aplastados entre dos placas de metacrilato (Fig.3). Se midió el color de todas las pastas cocidas a sus respectivos tiempos óptimos. Las medidas se repitieron 7 veces para cada tipo de pasta.



**Fig. 3 Preparación preliminar de la muestra y aparato para la medición del color.**

Para determinar la variación en el color producida en la pasta por la adición de pescado se calculó la diferencia total de color ( $\Delta E$ ), que viene determinada por la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

dónde:  $\Delta L = L^*_{\text{Pasta Pescado}} - L^*_{\text{Pasta Estándar}}$ ;  $\Delta a = a^*_{\text{Pasta Pescado}} - a^*_{\text{Pasta Estándar}}$ ;  $\Delta b = b^*_{\text{Pasta Pescado}} - b^*_{\text{Pasta Estándar}}$

## 4.5. Parámetros de calidad tecnológica

### 4.5.1. Ganancia en peso e hidratación.

La ganancia en peso (GN) y la hidratación de la pasta cocida se determinaron según el procedimiento descrito por Cleary y Brennan (2006) con las siguientes modificaciones: se cocieron 3 g de pasta en 180 ml de agua destilada durante su tiempo de cocción óptimo y se enfriaron en 100 ml de agua fría; seguidamente se secó la pasta con papel absorbente y se pesó en balanza analítica. La ganancia en peso de la pasta cocida, expresado en porcentaje sobre el peso total, se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$GN(\%) = \frac{\text{Peso pasta cocinada} - \text{Peso pasta cruda}}{\text{Peso pasta cruda}} * 100 \quad (2)$$

A continuación, se deshidrató la pasta cocida en una estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante (24 h), se atemperó en un desecador y se anotó el peso de la pasta desecada. La hidratación durante la cocción se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Hidratación} = \frac{\text{Peso pasta cocida (g)}}{\text{Peso pasta desecada (g)}} \quad (3)$$

Tanto la ganancia en peso como la hidratación se determinaron por triplicado para cada tipo de pasta.

#### 4.5.2. Pérdidas por cocción

Las pérdidas por cocción (PC) representan la cantidad de materia sólida que pierde la pasta en el agua de cocción durante la ebullición. Se determinó mediante el método AACC 66-50. Para ello, se coció cada tipo de pasta a sus respectivos tiempos óptimos, empleando las mismas cantidades de pasta y agua explicados en el anterior apartado (3 g de pasta en 180 ml de agua). El agua resultante de la cocción se recogió en crisoles de porcelana y se dejó evaporar en una estufa a 105 ° C hasta alcanzar peso constante (24 h). El residuo seco se pesó y se determinó como porcentaje sobre el peso total de la pasta antes de la cocción. Las muestras se midieron por triplicado para cada tipo de pasta.

#### 4.5.3. Humedad

El contenido de humedad de la pasta, entendida como materia volátil a 105 ° C, se determinó por el método gravimétrico. Las muestras se pesaron en balanza analítica sobre un soporte de papel de aluminio y se dejaron secar en una estufa (105 ° C) hasta alcanzar peso constante (24 h). Se enfriaron a temperatura ambiente en un desecador durante 60 min y se volvieron a pesar. El contenido en humedad se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso pasta cruda} - \text{peso pasta desecada}}{\text{Peso pasta cruda}} * 100 \quad (4)$$

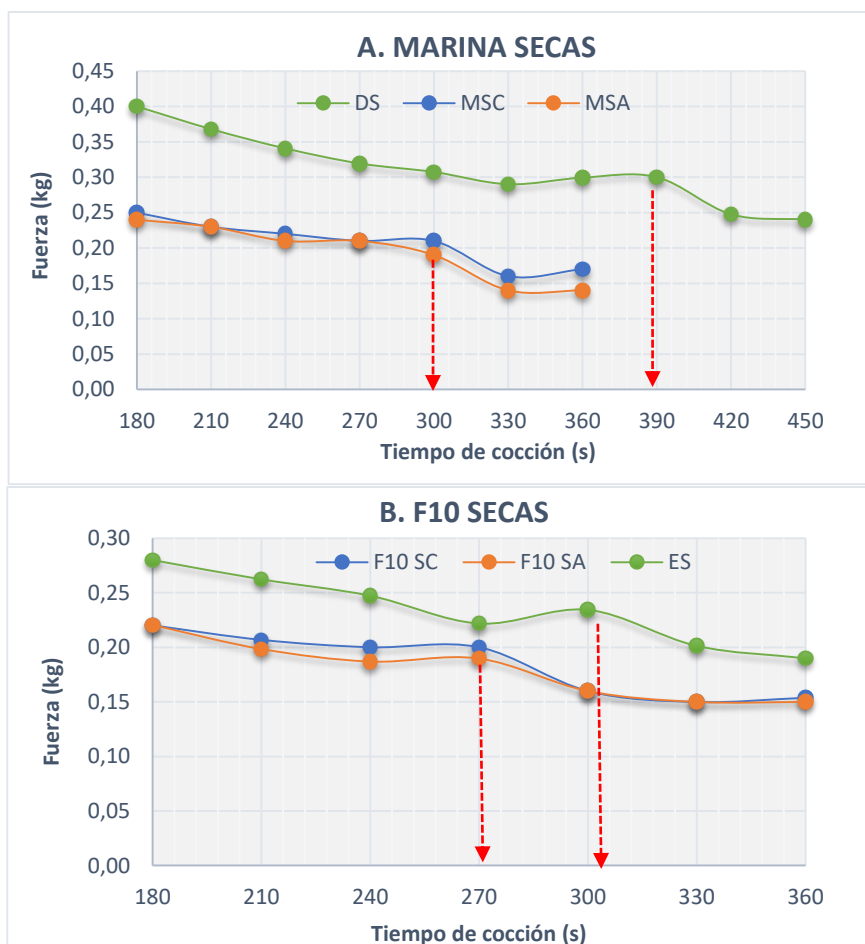
#### 4.6. Análisis estadístico

Todos los resultados obtenidos en el estudio fueron analizados estadísticamente mediante el programa informático Microsoft Excel y su software estadístico XLSTAT (Versión 16, Addinsoft). Se realizaron análisis de varianza (ANOVA), test de comparaciones múltiples (Fisher (LSD)) con un intervalo de confianza de 95%, y en determinados casos se determinaron coeficientes de correlación de Pearson. En el caso de los resultados del TPA, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con rotación Varimax que permitió visualizar las relaciones existentes entre los parámetros de textura y las pastas analizadas, obteniendo una visión más global del estudio.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Estudio de los tiempos de cocción óptimos

En las Fig. 4 y 5 se representa la fuerza de corte (kg) a diferentes tiempos de cocción de todas las pastas secas y frescas estudiadas.



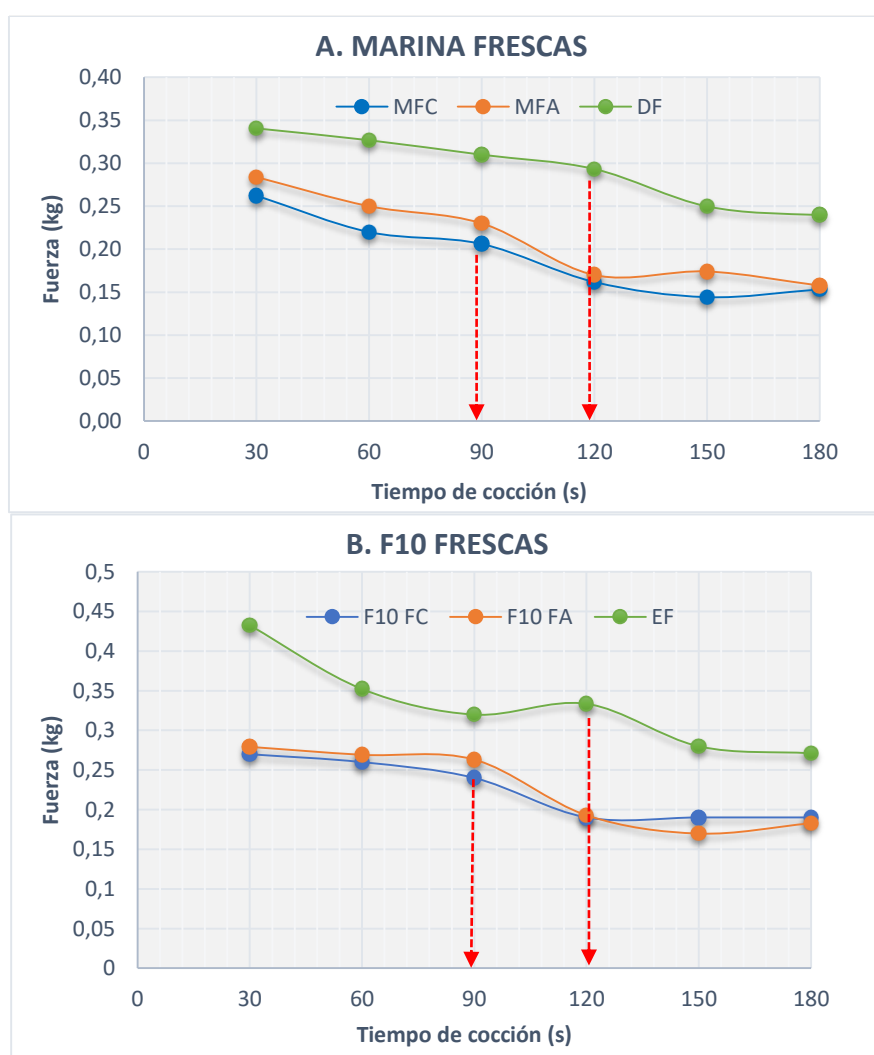
**Fig. 4 Fuerza de corte (kg) para pastas secas del tipo Marina (A) y F10 (B) a distintos tiempos de cocción.**

**DS** (*Durum* Seca); **MSC** (Marina Seca Control); **MSA** (Marina Seca Antioxidante); **ES** (Espelta Seca); **F10SC** (F10 Seca Control); **F10SA** (F10 Seca Antioxidante)

En el caso de las pastas secas, la fuerza de corte disminuyó conforme aumentó el tiempo de cocción hasta alcanzar un punto de inflexión en el cual la fuerza experimentó un descenso drástico. A partir de dicho punto, la disminución en la fuerza de corte se ralentizó, mostrando en algunos casos valores constantes. Por esta razón, se consideró como el tiempo de cocción óptimo a aquel valor para el cual se observase el comportamiento anteriormente descrito (Fig. 4). Basado en lo anterior, el tiempo de cocción óptimo para las pastas Marina secas (MSC y MSA) fue de 300 s (5 min); mientras

que la formulación *Durum* Seca (DS) necesitó 90 s más en alcanzar dicho punto, en cuyo caso fue de 390 s (6,5 min). Por otro lado, en el caso de las pastas F10 secas, sus tiempos de cocción óptimos se situaron en los 270 s (4,5 min), a diferencia de su análoga sin pescado (Espelta Seca) que alcanzó los 300 s (5 min).

De la misma manera, se pudieron observar los mismos cambios en la fuerza de corte durante la cocción de las pastas frescas (Fig. 5). Tanto para las pastas frescas Marina como F10 el punto de cocción óptimo fue de 90 s (1,5 min), mientras que para las pastas frescas *Durum* y Espelta fue 120 s (2 min).



**Fig. 5 Fuerza de corte (kg) para pastas frescas del tipo Marina (A) y F10 (B) a distintos tiempos de cocción**

**DF** (*Durum* Fresca); **MFC** (Marina Fresca Control); **MFA** (Marina Fresca Antioxidante); **EF** (Espelta Fresca); **F10FC** (F10 Fresca Control); **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante)

Una vez determinados los tiempos de cocción óptimos de manera instrumental, se compararon con los resultados obtenidos aplicando el método AACC 66-50.01, basado en la determinación visual del punto de cocción de la pasta por observación directa de su núcleo (ver Tabla 3).

**Tabla 3. Tiempos de cocción óptimos para las distintas pastas estudiadas mediante la aplicación del test de corte Warner-Bratzler y el método visual**

Tipo de Pasta	Tiempo de cocción óptimo (s)	
	Warner-Bratzler (WB)	(AACC 66-50.01)
<b>Durum Seca (DS)</b>	390	390
<b>Marina Seca Control (MSC)</b>	300	300
<b>Marina Seca Antioxidante (MSA)</b>	300	300
<b>Durum Fresca (DF)</b>	120	120
<b>Marina Fresca Control (MFC)</b>	90	120
<b>Marina Fresca Antioxidante (MFA)</b>	90	120
<b>Espelta Seca (ES)</b>	300	300
<b>F10 Seca Control (F10SC)</b>	270	270
<b>F10 Seca Antioxidante (F10SA)</b>	270	270
<b>Espelta Fresca (EF)</b>	120	150
<b>F10 Fresca Control (F10FC)</b>	90	120
<b>F10 Fresca Antioxidante (F10FA)</b>	90	120

La estimación del tiempo de cocción óptimo fue muy similar mediante ambos métodos, coincidiendo en la mayoría de los casos (Tabla 3). Cabe destacar que, en algunas pastas frescas, la determinación visual indicó 30 s más con respecto al tiempo señalado por el test de corte (WB). Al estar basado en una medida instrumental, se consideró más objetiva y por ende exacta la determinación de la fuerza de corte (WB). Por esta razón, los posteriores ensayos (color, TPA y parámetros de calidad tecnológica) se llevaron a cabo en pastas cocidas al tiempo de cocción óptimo determinado mediante dicho método.

En todos los casos, las pastas enriquecidas con pescado requirieron tiempos de cocción ligeramente más bajos que las pastas estándar. De acuerdo con Vernaza *et al.* (2012), el menor tiempo de cocción de las pastas enriquecidas podría deberse a la modificación de sus características físico-químicas como consecuencia de la incorporación de otros ingredientes. Debido a la sustitución parcial de la sémola por concentrado de pescado, disminuye el contenido de almidón de la pasta y, en consecuencia, la cantidad de agua necesaria para su gelatinización. Además de esto, la sustitución parcial de la sémola por concentrado de pescado implica una disminución del

contenido de gluteninas y un aumento de otros componentes de menor peso molecular, que requieren menos tiempo para hidratarse durante la cocción.

## 5.2. Análisis del perfil de textura (TPA)

Los valores medios de las propiedades de textura de todas las pastas analizadas se recogen en la tabla 4, de manera diferenciada para cada forma de conservación (secas y frescas).

**Tabla 4. Propiedades de textura, tras su tiempo óptimo de cocción, para las pastas desarrolladas en el estudio.**

	<b>DUR.</b> <b>(g)</b>	<b>ADH.</b> <b>(g/s)</b>	<b>ELAST.</b> <b>(%)</b>	<b>COHES.</b>	<b>GOM.</b>	<b>MASTIC.</b>	<b>RESIST.</b>
<b>PASTAS SECAS</b>							
<b>DS</b>	2530,12 A	3,47 B	0,71 A	0,40 C	1009,99 A	715,43 A	0,18 B
<b>MSC</b>	2264,00 B	35,79 A	0,47 CD	0,44 B	988,08 A	470,32 B	0,16 C
<b>MSA</b>	1990,77 C	32,95 A	0,49 C	0,41 BC	813,36 B	397,85 B	0,15 C
<b>ES</b>	2140,90 BC	6,73 B	0,64 B	0,50 A	1084,34 A	695,89 A	0,20 A
<b>F10SC</b>	1718,81 D	28,41 A	0,42 D	0,36 D	616,60 C	260,14 C	0,11 D
<b>F10SA</b>	1515,42 D	13,52 B	0,42 D	0,33 D	497,00 C	211,23 C	0,11 D
<b>PASTAS FRESCAS</b>							
<b>DF</b>	3024,45 A	4,00 D	0,75 A	0,53 B	1594,61 A	1205,65 A	0,25 A
<b>MFC</b>	2299,07 B	103,49 A	0,35 B	0,45 C	1019,27 C	355,04 C	0,14 C
<b>MFA</b>	1710,78 C	76,62 B	0,35 B	0,39 D	673,75 D	232,8 D	0,11 D
<b>EF</b>	2346,19 B	9,95 D	0,7 A	0,59 A	1386,09 B	974,51 B	0,21 B
<b>F10FC</b>	2167,78 B	32,97 C	0,36 B	0,32 E	697,11 D	250,71 CD	0,10 D
<b>F10FA</b>	2100,39 BC	21,86 CD	0,33 B	0,31 E	646,55 D	217,78 D	0,10 D

**DS** (*Durum* Seca); **MSC** (Marina Seca Control); **MSA** (Marina Seca Antioxidante); **ES** (Espelta Seca); **F10SC** (F10 Seca Control); **F10SA** (F10 Seca Antioxidante); **DF** (*Durum* Fresca); **MFC** (Marina Fresca Control); **MFA** (Marina Fresca Antioxidante); **EF** (Espelta Fresca); **F10FC** (F10 Fresca Control); **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante)

**DUR:** dureza, **ADH:** adhesividad, **ELAST:** elasticidad, **COHES:** cohesividad, **GOM:** gomosidad, **MASTIC:** masticabilidad y **RESIST:** Resistencia

\*Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos (secas y frescas)

En términos generales, las pastas con pescado Marina y F10 presentaron una dureza significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) con respecto a *Durum* y Espelta. No obstante,

cabe destacar que las formulaciones F10 Fresca Control y Antioxidante (F10FC y F10FA) no presentaron diferencias significativas en la dureza con respecto a la pasta Espelta Fresca (EF). La dureza de la pasta depende fundamentalmente de la integridad de la matriz formada por las proteínas del gluten durante la cocción (Larrosa *et al.*, 2016), en la que también intervienen componentes como el almidón, lípidos y otros componentes añadidos a la pasta (Chang y Wu, 2008). Por esta razón, la disminución de la dureza se asocia con el debilitamiento de la estructura de la pasta como consecuencia de la incorporación de pescado, ya que aporta lípidos y proteínas miofibrilares que interfieren en la matriz formada por el gluten y el almidón (Lu *et al.*, 2009).

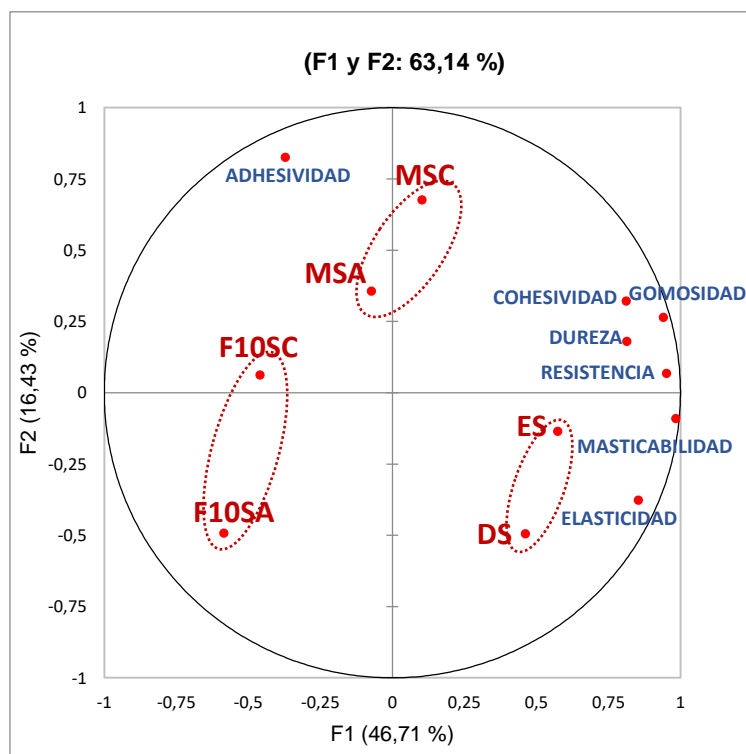
La adición de pescado provocó un aumento significativo de la adhesividad ( $p < 0,05$ ) de las pastas secas y frescas. Sissons *et al.* (2005) e Islas *et al.* (2014) señalan que el enriquecimiento de la pasta provoca un debilitamiento de su estructura, que suele ir acompañado de unas mayores pérdidas por cocción. Estas pérdidas se asocian a la lixiviación de amilosa de los gránulos de almidón, que puede ser la causa de la aparición de texturas pegajosas indeseadas.

Las pastas Marina y F10 tanto secas como frescas fueron significativamente menos elásticas ( $p < 0,05$ ) que *Durum* y Espelta. Las propiedades mecánicas de la pasta dependen fundamentalmente de la calidad y cantidad de las proteínas del gluten (gluteninas y gliadinas). Más específicamente, su elasticidad viene determinada por la habilidad de las subunidades de gluteninas para establecer puentes de hidrógeno intermoleculares (Atwell, 2001). En base a esto, cabe destacar que la pasta con pescado presenta un menor contenido en gluten que la pasta tradicional, al sustituir parcialmente la sémola de trigo por concentrado de pescado, por lo que resulta lógico pensar que la disminución en la elasticidad podría deberse a la reducción de su contenido en gluteninas.

Por otro lado, la cohesividad de las pastas Marina y F10 secas y frescas fue significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) con respecto a *Durum* y Espelta, con la única excepción de las pastas Marina secas (MSC y MSA) que presentaron una cohesividad muy similar a *Durum* Seca (DS). De la misma manera, otras propiedades de textura como la gomosidad, la masticabilidad y la resistencia, también se vieron afectadas por la incorporación de pescado. En la mayoría de los casos, dichas propiedades mostraron valores menores en las pastas Marina y F10 con respecto a *Durum* y Espelta.



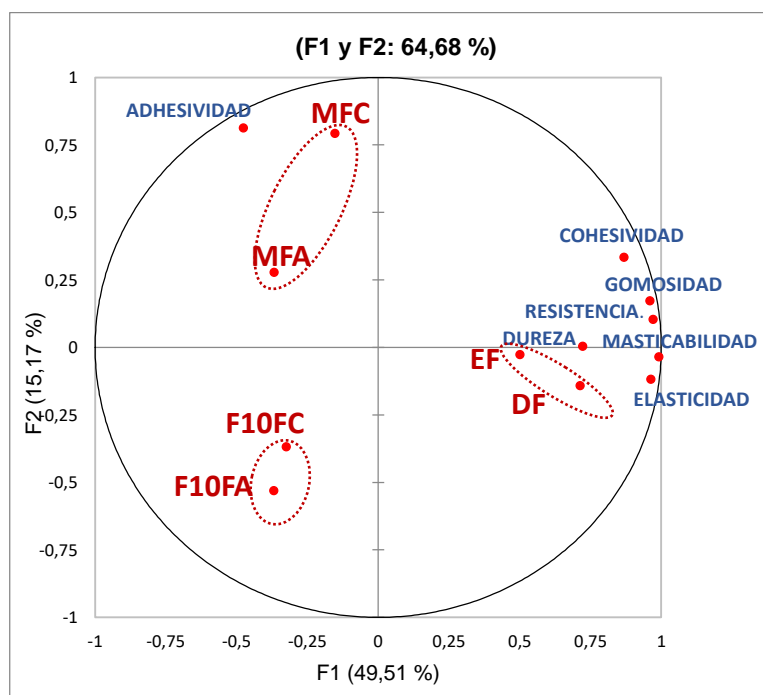
A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 5, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), aplicando rotación Varimax, que permitió obtener una visión más integrada del experimento y visualizar las relaciones existentes entre las variables estudiadas (propiedades de textura) y las diferentes pastas (Fig. 6 y 7).



**Fig. 6 ACP de las propiedades de textura de las pastas secas estudiadas.**  
**DS** (*Durum* Seca); **MSC** (Marina Seca Control); **MSA** (Marina Seca Antioxidante)  
**ES** (*Espelta* Seca); **F10SC** (F10 Seca Control); **F10SA** (F10 Seca Antioxidante)

En la Fig. 6 se muestra el ACP de las propiedades de textura en pastas secas, cuyas dos primeras componentes (F1 y F2) describieron el 63,14 % de la variabilidad del estudio. La primera componente (F1) permitió separar por un lado las pastas *Durum* y *Espelta* secas (DS y ES), situadas en el lado derecho del biplot, y, por otro lado, las pastas con pescado Marina y F10 secas, ubicadas en el lado izquierdo, a excepción de la formulación Marina Seca Control (MSC), la cual se localizó en el lado derecho, próximo al eje vertical. Esta separación permitió demostrar la gran diferencia existente entre las propiedades de textura de las pastas con pescado y sin pescado. Las pastas *Durum* y *Espelta* secas exhibieron magnitudes de dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resistencia superiores a las pastas Marina y *Espelta*. En cambio, las formulaciones Marina y F10 secas se caracterizaron por una mayor adhesividad.

Atendiendo a la segunda componente del ACP, se observó como las pastas Marina secas se asocian con una mayor adhesividad con respecto a las F10, especialmente MSC, que resultó ser la formulación más adhesiva. A su vez, se observaron diferencias en la adhesividad en cuanto al tratamiento aplicado, siendo las formulaciones control para cada tipo de pasta (MFC y F10FC) mucho más adhesivas que sus respectivas formulaciones con antioxidante (MFA y F10FA).



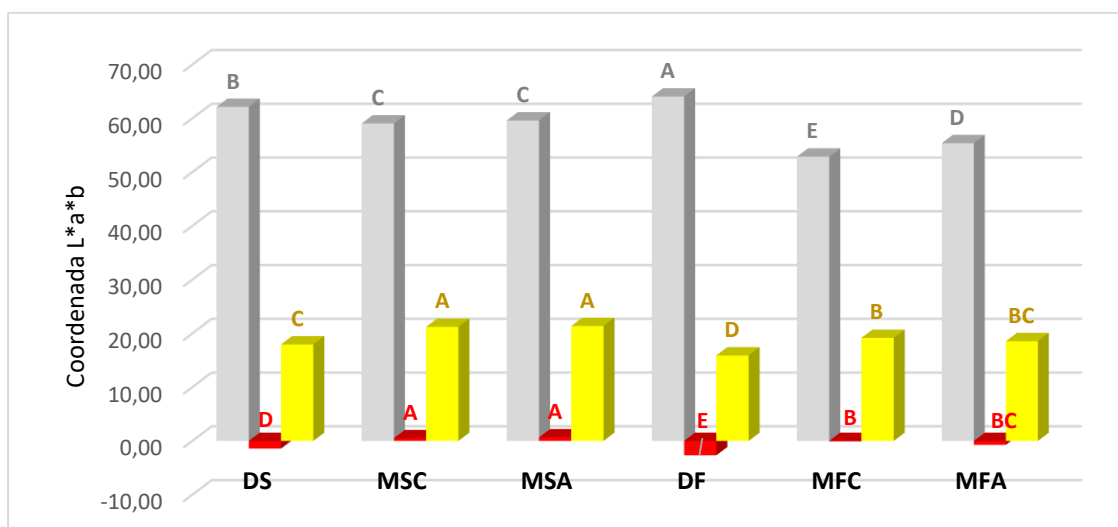
**Fig. 7 ACP de las propiedades de textura de las pastas frescas estudiadas**  
**DF** (*Durum* Fresca); **MFC** (Marina Fresca Control); **MFA** (Marina Fresca Antioxidante); **EF** (Espelta Fresca); **F10FC** (F10 Fresca Control); **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante).

En la Fig. 7 se presentan los resultados del ACP para las pastas frescas en sus dos primeras componentes, que explicaron un 64,68 % de la variabilidad del estudio. La primera componente (F1) mostró una clara separación entre las pastas *Durum* y Espelta, y las pastas con pescado Marina y F10, lo que evidenció nuevamente el efecto de la incorporación de concentrado de pescado sobre la textura de la pasta. Las pastas Espelta y *Durum* frescas se situaron en la parte derecha del gráfico, por lo que se relacionaron con unos mayores valores de dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y resistencia. Por el contrario, las pastas Marina y F10 se caracterizaron por presentar una mayor adhesividad, situándose en la parte izquierda del plano. Tomando en cuenta la segunda componente (F2), se separan claramente las pastas F10 de las Marina. Estas últimas se situaron en el cuadrante superior, asociándose con una mayor adhesividad. Así

mimo, se produjo una separación muy evidente de acuerdo con el tipo de tratamiento aplicado (Control o Antioxidante) dentro de cada tipo de pasta, siendo la Marina fresca control (MFC) la que presentó una mayor adhesividad. De igual modo, en el caso de la pasta F10, aunque con intensidades menores que en la pasta Marina, se pudo observar una mayor adhesividad en la pasta control (F10FC) que en aquella que incluía el antioxidante (F10FA). Los hallazgos anteriores sugieren que la adhesividad de las pastas frescas con adición de concentrado de pescado se encuentra condicionada a la formulación empleada, así como a la presencia o ausencia de antioxidante, siendo menos adhesivas aquellas pastas tratadas con antioxidante, lo cual resulta favorable desde el punto de vista de la aceptación del consumidor.

### 5.3. Medida del color

En la Fig. 8 se muestran los parámetros colorimétricos (Coordenadas CIE L\*a\*b\*) de las pastas Marina y *Durum*, tanto secas como frescas, todas ellas cocidas a sus tiempos óptimos.



**Fig. 8 Parámetros de color para pastas cocidas Marina y *Durum*.**

**DS** (*Durum* Seca), **MSC** (Marina Seca Control), **MSA** (Marina Seca Antioxidante), **DF** (*Durum* Fresca), **MFC** (Marina Fresca Control), **MFA** (Marina Fresca Antioxidante. **Luminosidad** (L\*■), **Índice de rojo** (a\*■), **Índice de amarillo** (b\*■).

\*Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre pastas para una misma coordenada CieL\*a\*b.

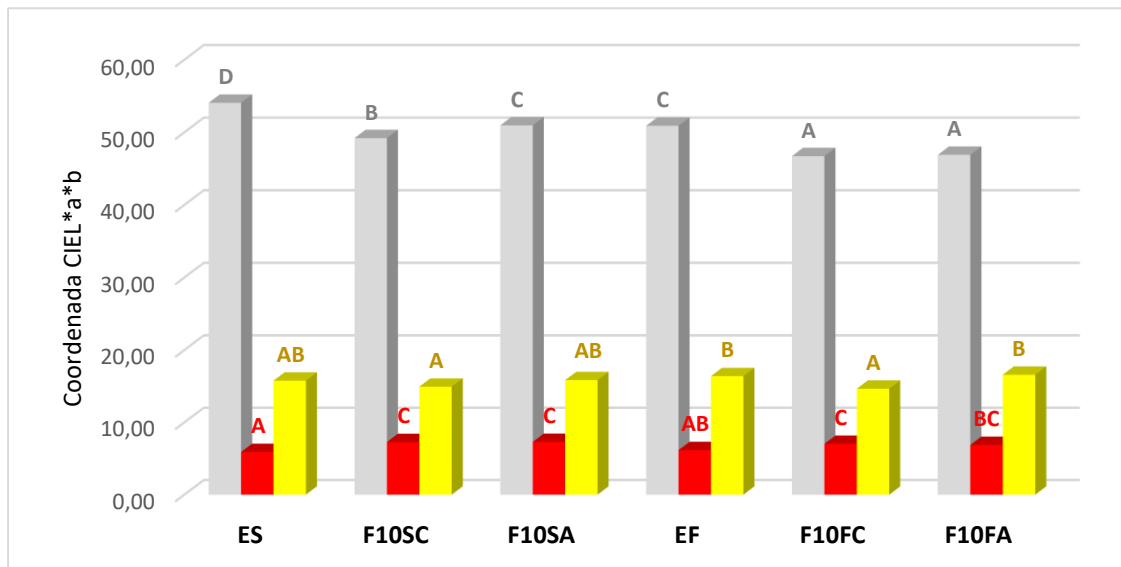
Como se puede observar en la Fig. 8, la luminosidad (L\*) experimentó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) en las pastas Marina con respecto a las *Durum* siendo la pasta fresca de este último tipo la que presentó mayor luminosidad. En cuanto a la

forma de conservación de la pasta Marina, también se produjo una ligera disminución de la luminosidad en pastas frescas con respecto a las secas. A su vez, se observaron diferencias significativas en la luminosidad entre pastas frescas de la formulación Marina, siendo la que contenía antioxidante (MFA) ligeramente más luminosa ( $p<0,05$ ) que su análoga control (MFC).

Por otro lado, el valor del índice de rojo ( $a^*$ ) fue significativamente mayor ( $p<0,05$ ) en las pastas Marinas (secas y frescas) que en las pastas *Durum* (DS y DF). El aumento de este valor ( $a^*$ ) no es deseable desde el punto de vista comercial, pues se suele asociar con una peor la calidad, apariencia y sabor de la pasta (Mercier *et al.*, 2016).

Por su parte, el índice de amarillo ( $b^*$ ), que es uno de los parámetros más influyentes para la aceptabilidad de las pastas, resulto significativo ( $p<0,05$ ) presentando una mayor intensidad en todas las pastas Marina, tanto secas como frescas, que en la pasta *Durum*. Lo anterior resulta de sumo interés ya que, en la mayoría de los casos, los consumidores muestran preferencia por pastas con color amarillo intenso (Pongpichaiudom y Songsermpong, 2018), por lo que este cambio resulta beneficioso desde el punto de vista tecnológico.

En el caso de las pastas F10, se elaboraron a partir de distintos ingredientes que en la pasta Marina, diferenciándose por la incorporación de un concentrado mixto a base de piel y músculo de pescado, además de harina y salvado de espelta; mientras que las pastas Marina contenían concentrado de músculo de pescado y sémola de trigo duro. Por esta razón, la influencia de la adición de pescado sobre el color se evaluó de manera separada entre estas dos formulaciones. Las diferencias en el color entre las pastas F10 y Espelta se reflejan en la Fig. 9.



**Fig. 9 Parámetros de color para pastas cocidas F10 y Espelta.**

ES (Espelta Seca), F10SC (F10 Seca Control), F10SA (F10 Seca Antioxidante), EF (Espelta Fresca), F10FC (F10 Fresca Control), F10FA (F10 Fresca Antioxidante).

Luminosidad (L\*■), Índice de rojo (a\*■), Índice de amarillo(b\*■).

\*Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre pastas para una misma coordenada CIE\*L\*a\*b\*.

La luminosidad (L\*) de las pastas F10 secas y frescas fue significativamente menor ( $p < 0,05$ ) que en la pasta Espelta. También se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las pastas de distintos métodos de conservación; siendo las pastas F10 frescas ligeramente menos luminosas que las secas. De la misma manera que en la formulación Marina, las pastas F10 secas y frescas fueron ligeramente más rojizas (mayor valor a\*) ( $p < 0,05$ ) que su análoga sin pescado (Espelta). Por su parte, la intensidad en el índice de amarillo (b\*) fue moderada en todas las pastas F10 tanto secas como frescas; existiendo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas.

Para evaluar de manera global las diferencias en el color de las pastas experimentadas por la adición de pescado se determinó la diferencia total de color ( $\Delta E$ ). Este valor permitió estimar de manera numérica cual es la diferencia en el color entre dos muestras, abarcando las tres coordenadas de la escala CIE L\*a\*b\* (L\*a\*, b\*). En la tabla 5 se muestran los valores medios de  $\Delta E$  de las pastas secas y frescas, de manera separada para cada formulación (Marina y F10).

**Tabla 5. Valores medios de la diferencia total de color ( $\Delta E$ ) de pastas con pescado Marina y F10 cocidas.**

PASTA MARINA		PASTA F10	
TIPO	$\Delta E$	TIPO	$\Delta E$
MSC	4,20 C	F10SC	5,82 B
MSA	5,09 C	F10SA	3,65 A
MFC	12,02 A	F10FC	4,90 AB
MFA	9,37 B	F10FA	4,65 AB

**MSC** (Marina Seca Control), **MSA** (Marina Seca Antioxidante), **MFC** (Marina Fresca Control), **MFA** (Marina Fresca Antioxidante), **F10SC** (F10 Seca Control), **F10SA** (F10 Seca Antioxidante), **F10FC** (F10 Fresca Control), **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante)

\*Letras distintas representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Las pastas Marina frescas presentaron una diferencia de color más elevada ( $p < 0,05$ ) que las pastas Marina secas, lo que podría sugerir que la conservación en fresco de la pasta contribuye a aumentar el cambio en color junto con la adición de concentrado de pescado. Además, la pasta Marina Fresca Control (MFC) presentó un mayor cambio de color que la pasta Marina Fresca Antioxidante (MFA).

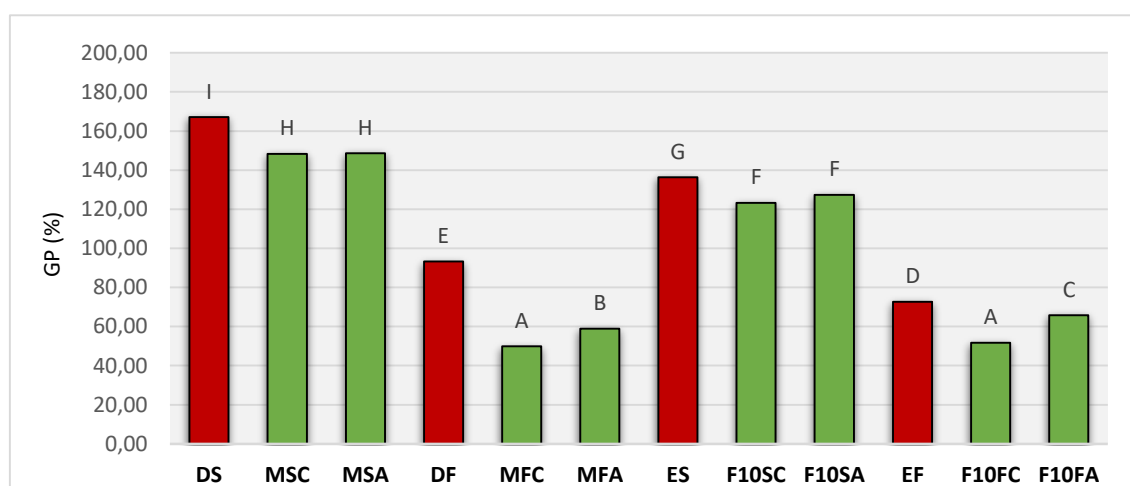
Por otro lado, en cuanto a la formulación F10, los valores de  $\Delta E$  fueron muy similares en la mayoría de las pastas tanto secas como frescas, aunque se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos sin (control) y con adición de antioxidante para el caso de las pastas secas. Al parecer la incorporación del antioxidante atenúa la variación del color en las pastas integrales ya que fue el que menor valor de  $\Delta E$  mostró.

Cabe destacar que las diferencias de color experimentadas por las pastas F10 con respecto a su análoga sin pescado (Espelta) fueron menores que en el caso de las pastas Marina en comparación con la pasta *Durum*. Los resultados obtenidos sugieren que en las pastas F10, la incorporación de harina y salvado de espelta en su composición, le otorgan un color más oscuro que puede enmascarar en cierta medida el efecto sobre el color producido por la incorporación de concentrado de pescado.

## 5.4. Evaluación de los parámetros de calidad tecnológica

### 5.4.1. Ganancia en peso e hidratación

En la Fig. 10 se muestra la ganancia en peso (GP) tanto para pastas enriquecidas como para aquellas sin adición de pescado durante el presente estudio.



**Fig. 10** Ganancia en peso (%) para pastas cocidas tanto sin adición de pescado (■) como enriquecidas (■).

**DS** (*Durum* Seca); **MSC** (Marina Seca Control); **MSA** (Marina Seca Antioxidante); **ES** (Espelta Seca); **F10SC** (F10 Seca Control); **F10SA** (F10 Seca Antioxidante); **DF** (*Durum* Fresca); **MFC** (Marina Fresca Control); **MFA** (Marina Fresca Antioxidante); **EF** (Espelta Fresca); **F10FC** (F10 Fresca Control); **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante)

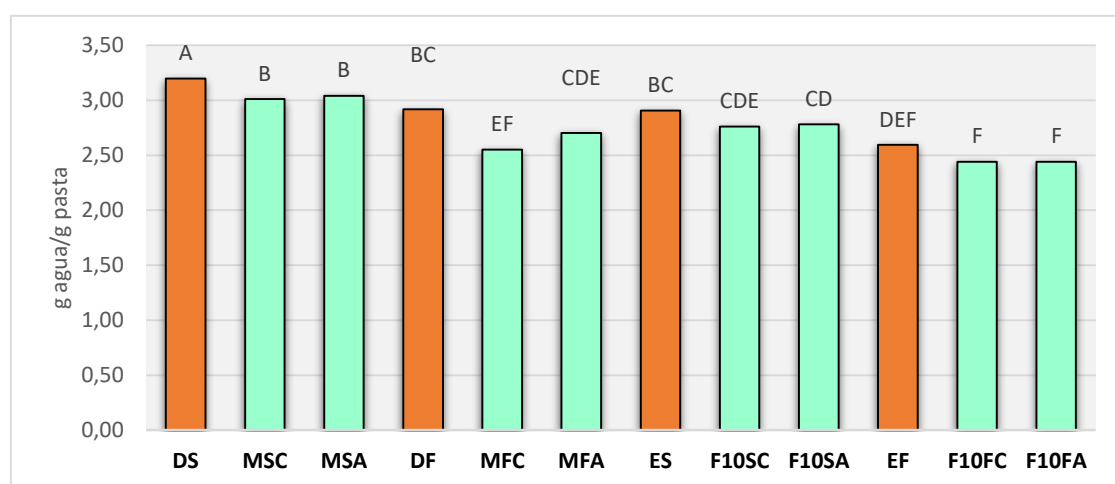
Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas pastas.

La adición de pescado provocó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de la ganancia en peso tanto en pastas secas como frescas. La capacidad de la pasta para absorber agua está determinada por su composición y por las condiciones de procesado (Marti *et al.*, 2011). En este sentido, la proteína y lípidos del pescado que se han incorporado a la pasta interaccionan y compiten con el almidón por la absorción de agua durante la cocción, reduciendo la hidratación y gelificación del mismo, lo que podría ocasionar una menor ganancia en peso de la pasta (Desai *et al.*, 2018). Así pues, las pastas *Durum* (DS) y Espelta Secas (ES) presentaron ganancias en peso mayores que las formulaciones que incluían pescado (Marina y F10), con un 167,1 y un 136,3 % respectivamente.

Por otro lado, al comparar las pastas con pescado entre sí, cabe destacar que la ganancia en peso resultó mayor ( $p < 0,05$ ) en las pastas secas del tipo Marina que en F10;

mientras que, en el caso de las frescas, resultaron distintas entre sí las pastas Marina (MFA) y F10 (F10FA), ambas con adición de antioxidante. Tales diferencias pueden deberse a la composición de cada tipo de pasta puesto que, a diferencia de la Marina, la pasta F10 se elaboró con harina, salvado de espelta y la adición de un concentrado de pescado muy peculiar, ya que además de músculo contenía piel de pescado que incorporó otros elementos como proteínas del tejido conectivo, minerales y lípidos. En general, se logró establecer una distinción muy clara en la ganancia en peso entre las pastas frescas y secas, siendo mucho más elevada ( $p < 0,05$ ) en estas últimas. Este hecho resulta lógico ya que las pastas frescas tienen una mayor humedad al no haber sido desecadas, por lo que absorberán menor cantidad de agua durante la cocción.

Los valores de hidratación obtenidos para las pastas enriquecidas con pescado y sus respectivas pastas análogas sin pescado se muestran en la Fig. 11.



**Fig. 11 Hidratación (%) para pastas cocidas tanto sin adición de pescado (■) como enriquecidas (■).**

**DS** (*Durum* Seca); **MSC** (Marina Seca Control); **MSA** (Marina Seca Antioxidante); **ES** (Espelta Seca); **F10 SC** (F10 Seca Control); **F10 SA** (F10 Seca Antioxidante); **DF** (*Durum* Fresca); **MFC** (Marina Fresca Control); **MFA** (Marina Fresca Antioxidante); **EF** (Espelta Fresca); **F10FC** (F10 Fresca Control); **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante)

Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas pastas.

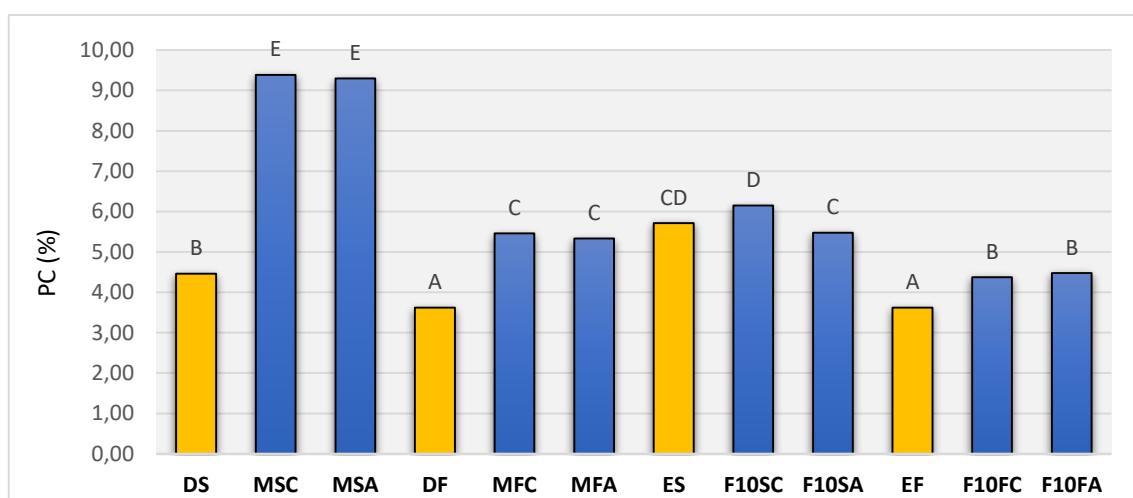
La hidratación disminuyó en las pastas Marina y F10 con respecto a *Durum* y Espelta, aunque tales diferencias no fueron significativas ( $p < 0,05$ ) en todos los casos. Específicamente en las pastas Marina secas y frescas se observó una disminución significativa en la hidratación con respecto a la pasta *Durum*; mientras que, por el contrario, estas diferencias no fueron significativas al comparar las pastas F10 con la pasta



Espelta. De acuerdo con Desai et. al (2018), este hecho puede deberse a la incorporación de pescado, pues modifica las características físico-químicas de la pasta, induciendo a la formación de complejos entre el almidón de la pasta y los lípidos del pescado, lo cual puede disminuir la captación de agua, así como la gelatinización del almidón.

#### 5.4.2. Pérdidas por cocción

En la Fig.12 se muestran las pérdidas por cocción (PC) de las diferentes pastas analizadas, tras su preparación de acuerdo con sus tiempos óptimos de cocción previamente estimados.



**Fig. 12 Pérdidas por cocción (%) para pastas tanto sin adición de pescado (■) como enriquecidas (■).**

**DS** (*Durum* Seca); **MSC** (Marina Seca Control); **MSA** (Marina Seca Antioxidante); **ES** (Espelta Seca); **F10 SC** (F10 Seca Control); **F10 SA** (F10 Seca Antioxidante); **DF** (*Durum* Fresca); **MFC** (Marina Fresca Control); **MFA** (Marina Fresca Antioxidante); **EF** (Espelta Fresca); **F10FC** (F10 Fresca Control); **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante)

Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas pastas.

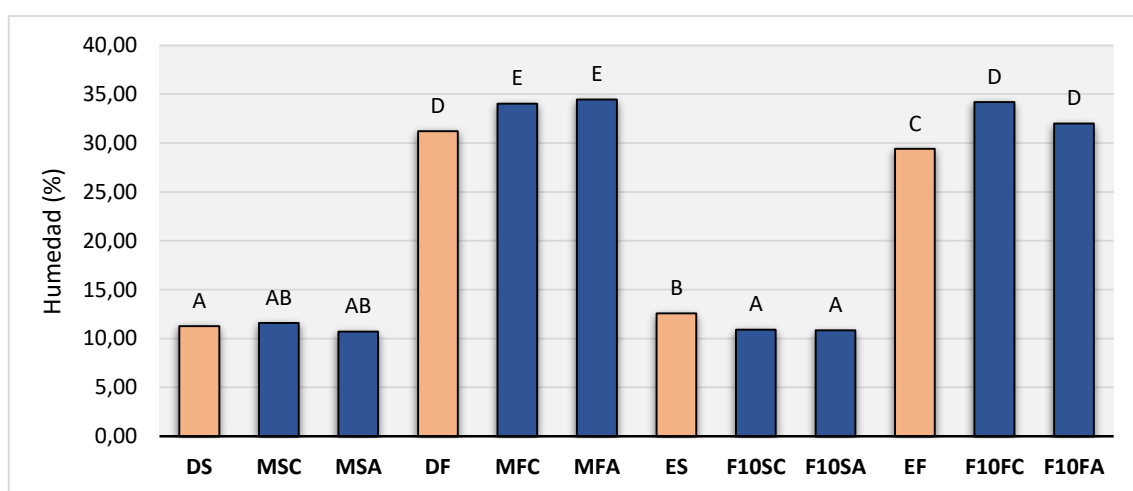
En general, las pérdidas por cocción fueron significativamente mayores ( $p < 0,05$ ) en todas las pastas enriquecidas con pescado (Marina y F10). Dicha pérdida fue mucho más acentuada en las pastas Marinas secas tanto control (MSC) como antioxidante (MSA), cuyas pérdidas superaron el 9 % de sus respectivos pesos secos, en contraste con formulaciones sin pescado, que no superaron el 6 %. Se considera que las pérdidas por cocción de una pasta de óptima calidad no deberían superar el 8 % del peso seco (Smatanová y Lackobartsova, 2014). En base en este criterio, a excepción de las Marina secas, el resto de pasta se ajustaron a dicha especificación. Es probable que el aumento de las pérdidas por cocción se deba al enriquecimiento de la pasta con concentrado de

pescado, ya que la adición de pescado supone la incorporación de proteínas de diferente naturaleza al gluten, fundamentalmente proteínas miofibrilares. Por tanto, este aporte de proteína exógena podría interferir con la formación de la matriz de gluten durante la cocción, provocando un debilitamiento de su estructura con la consiguiente liberación de materia sólida al agua durante la cocción (Desai *et al.*, 2018). Por otro lado, al comparar las dos formulaciones de pasta con pescado, cabe destacar que el aumento de las pérdidas por cocción fue menor en las pastas F10 que en pastas Marina. Las pérdidas por cocción de las pastas F10 secas y frescas aumentaron menos de un 1 % con relación a las de pasta Espelta. Lo anterior, se puede atribuir al mayor contenido de fibra en la pasta F10, pues a diferencia de la pasta Marina se elaboró con harina y salvado de espelta. En tal sentido, existe cierta controversia en cuanto al efecto de la fibra sobre las pérdidas por cocción. Por un lado, algunos autores indican que el enriquecimiento de la pasta con componentes ricos en fibra disminuye las pérdidas ya que contribuyen al desarrollo de la matriz proteica ejerciendo un efecto fortificante en la microestructura de la pasta (Koca y Anil 2007; Sabanis y Tzia 2010; Mert *et al.*, 2014). Por el contrario, otros autores como Sivam *et al.* (2010) afirman que la fibra aumenta la pérdida por cocción, ya que presenta una mayor capacidad de absorción de agua e interfiere en la correcta formación de la red de gluten si la cantidad de agua es insuficiente.

#### **5.4.3. Humedad**

Los resultados de humedad obtenidos para la totalidad de pastas estudiadas se muestran en la Fig. 13. En el caso de las pastas Marina secas, se puede observar que la humedad no presenta diferencias significativas con respecto a su análoga sin pescado *Durum* Seca (DS); por el contrario, en todas las pastas F10 secas (control y antioxidante) se observó una leve pero significativa ( $p < 0,05$ ) disminución con respecto a la pasta Espelta Fresca. En contraste, las humedades de todas las pastas frescas con adición de pescado (Marina y F10) se situaron en torno a un 34% resultando significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) a las determinadas en las pastas *Durum* y Espelta frescas, que presentaron valores aproximados de 31 y 29 % respectivamente. El incremento de la humedad en las pastas frescas enriquecidas con pescado puede asociarse a la adición de concentrado de pescado, a lo que se suma su método de conservación (en fresco, sin desecar). A diferencia de estas, en pastas secas no se observó dicho aumento, probablemente debido al proceso de secado aplicado que permitió estandarizar el contenido de humedad en las pastas.

Es preciso señalar que los contenidos de humedad de las pastas secas Marina ( $\approx 11,5\%$ ) y F10 ( $\approx 11\%$ ) presentaron valores por debajo de los marcados por la legislación (Decreto 2181/1975), que fija unos límites máximos de humedad del  $12,5\%$  para pastas secas. Sin embargo, las pastas frescas Marina y F10 presentaron un contenido de humedad ligeramente más elevado que los indicados por la legislación ( $> 32\%$ ). Es posible que estos resultados se deban a una rehidratación de las pastas tras su preparación, ya que dicho análisis (humedad) no se llevó a cabo inmediatamente después de la fabricación y envasado de las mismas.



**Fig. 13 Humedad (%) para pastas cocidas tanto sin adición de pescado (■) como enriquecidas (■).**

**DS** (*Durum* Seca); **MSC** (Marina Seca Control); **MSA** (Marina Seca Antioxidante)

**ES** (Espelta Seca); **F10 SC** (F10 Seca Control); **F10 SA** (F10 Seca Antioxidante)

**DF** (*Durum* Fresca); **MFC** (Marina Fresca Control); **MFA** (Marina Fresca Antioxidante); **EF** (Espelta Fresca); **F10FC** (F10 Fresca Control); **F10FA** (F10 Fresca Antioxidante)

Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distintas pastas.

## 6. CONCLUSIONES

Se determinaron los tiempos de cocción óptimos para todas las pastas, resultando con mayor precisión el método instrumental de corte frente al visual. La incorporación de concentrados a base de músculo y piel de pescado modificó las propiedades físicas y tecnológicas de las pastas. Los principales cambios que se dieron en las pastas con inclusión de pescado fueron los siguientes:

- 1- Las pastas enriquecidas con pescado presentaron un tiempo de cocción óptimo ligeramente menor que las pastas estándar.
- 2- La incorporación de concentrados de pescado en las pastas modificó sus perfiles de textura. Las pastas con pescado fueron significativamente más adhesivas que las pastas estándar. Por el contrario, la adición de pescado provocó una disminución significativa en el resto de propiedades de textura, más específicamente en dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y resistencia.
- 3- Las pastas con pescado fueron ligeramente más oscuras, más rojizas y levemente más amarillas que las pastas estándar.
- 4- Los parámetros de calidad tecnológica de las pastas se vieron modificados a causa de la incorporación de concentrados de pescado. Por tanto, las pastas enriquecidas con pescado presentaron mayores pérdidas por cocción y menores ganancias en peso e hidratación con respecto a las pastas estándar.

## CONCLUSSIONS

Optimal cooking time for all kind of pasta were determined, resulting in a more precise instrumental shear test method than visual one. The addition of fish-based muscle and skin concentrates modified physical and technological properties of pasta. The main changes that occurred in pasta including fish were the following:

1. Fish-enriched pasta presented an optimal cooking time slightly lower than standard pasta.
2. The addition of fish concentrates on pasta modified its texture profile. Fish-enriched pasta was significantly more adhesive than standard pasta. On the contrary, the addition of fish caused a significant decrease in the rest of the texture properties: hardness, elasticity, cohesiveness, chewiness, rubberiness and resistance. On the other hand, fish-enriched pasta was slightly darker, redder and slightly more yellow than standard pasta.
3. Technological quality parameters of pasta were modified due to the addition of fish concentrates. Therefore, fish-enriched pasta showed higher cooking losses and lower weight and hydration gains compared to standard pasta.

## **7. APORTACIONES EN MATERIA DE APRENDIZAJE**

La realización del trabajo de fin de grado me ha permitido, por un lado, poner en práctica gran parte de los conocimientos aprendidos durante el grado, y por otro, adquirir nuevas habilidades y destrezas de gran utilidad en el ámbito de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Estos meses de trabajo han supuesto un reto para llevar a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos durante el grado. Además, me ha permitido conocer más de cerca el ámbito de la investigación y valorar el esfuerzo y horas de trabajo que hay que sacrificar para la elaboración de un trabajo científico.

Gracias a las indicaciones de mis tutores, he ampliado mis conocimientos acerca de ciertos fundamentos básicos de estadística imprescindibles en el ámbito de la investigación. Bajo mi punto de vista, este aspecto ha sido uno de los más enriquecedores, pues me ha permitido mejorar mi capacidad de interpretación de datos analíticos y el criterio a la hora de discutirlos. En este sentido, considero que estos conocimientos no han sido tratados en suficiente profundidad durante el grado, por lo que este trabajo me ha permitido complementar aquellos aspectos en los que tenía una mayor carencia de conocimiento.

El presente trabajo tiene una estrecha relación con el desarrollo de nuevos alimentos, que es uno de los pilares básicos de la tecnología de los alimentos. Por ello, me ha resultado interesante trabajar en la evaluación de la calidad de un nuevo alimento en pleno proceso de desarrollo, como es la pasta enriquecida con pescado, ya que me ha permitido conocer más de cerca el ámbito del I+D+i en alimentación, que es a mi parecer uno de los ámbitos más gratificantes dentro del ámbito laboral que ofrece esta titulación.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

AACC (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th edn. St. Paul, MN: AACC.

Aalami, M., Leelavathi, K. y Prasadaraao, U.J.S. (2007). "Spaghetti making potential of Indian durum wheat species in relation to their protein, yellow pigment and enzyme contents". *Food Chemistry*, 100, pp. 1243-1248.

Ariño, A., Beltrán, J.A., Herrera, A. y Roncalés, P. (2013). "Fish and seafood: Nutritional value". En: Allen, L.H. (Coord.). *Encyclopedia of human nutrition*. Elsevier, pp. 254-261. ISBN: 978-0-12-375083-9

Atwell, W.A. (2001). Wheat Flour. Minnesota, United States of America. American Association of Cereal Chemists.

Babuskin, S., Krishnan, K. R., Babu, P. P. A., Sivarajan, M. y Sukumar, M. (2014). "Functional food enriched with Marine Microalga *Nannochloropsis oculata* as a source of n-3 fatty acids". *Food Technology and Biotechnology*, 52 (3), pp. 292-299.

Bene, C., Macfadyen, G. y Allison E.H. (2007). "Increasing the contribution of small-scale fisheries to poverty alleviation and food security". Rome: United Nations Food and Agriculture Organization (FAO).

Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D. y Fito, P. (2011). "Functional foods development: trends and technologies". *Trends in Food Science and Technology*, 22, pp. 498-508.

Chang, H.C. y Wu, L.C. (2008). "Texture and quality properties of Chinese fresh egg noodles formulated with green seaweed (*Monostroma nitidum*) powder". *Journal of Food Science*, 73, 398-404.

Martín, V.J. (2018). "Consumo y gasto en pastas alimenticias. Un mercado estable en el que solo crece la pasta fresca". *Distribución y consumo*, 3, pp.54-56. Disponible en: [https://www.mercasa.es/media/publicaciones/243/1534000748\\_Consumo\\_y\\_gasto\\_en\\_pastas\\_alimenticias.pdf](https://www.mercasa.es/media/publicaciones/243/1534000748_Consumo_y_gasto_en_pastas_alimenticias.pdf). [Consultado en 6/07/2019]

Cleary, L. y Brennan, C. (2006). "The influence of a (1→3), (1→4)- β-D-glucan rich fraction from barley on the physico-chemical properties and in vitro reducing sugars release of durum wheat pasta". *International Journal of Food Science and Technology*, 41, pp. 910-918.

Decreto, 2181/1975, de 12 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración y Circulación y Comercio de Pastas Alimenticias. Boletín Oficial del Estado N° 220, de 13 de septiembre de 1975.

D'Egidio, M.G., Mariani, B.M., Nardi, S., Novaro, P. y Cubadda R. (1990). "Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality". *Cereal Chemistry*, 67, pp. 275-281.

Desai, A.S., Brennan, M.A. y Brennan, C.S. (2018). "Influence of semolina replacement with salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) powder on the physicochemical attributes of fresh pasta". *International Journal of Food Science & Technology*, 54 (5), pp. 1497-1505

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y nutrición para todos. Roma.

Ficco, D. B. M., De Simone, V. y De Leonardis, A. M. (2016). "Use of purple durum wheat to produce naturally functional fresh and dry pasta". *Food Chemistry*, 205, pp. 187-195.

Fuad, T. y Prabhasankar, P. (2010). "Role of Ingredients in Pasta Product Quality: A Review on Recent Developments". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(8), pp. 787-798.

Goes, E., Souza, M., Michka, J., Kimura, K., Lara, J., Delbem, A. y Gasparino, E. (2016). "Fresh pasta enrichment with protein concentrate of tilapia: nutritional and sensory characteristics". *Food Science and Technology (Campinas)*, 36(1), pp.76-82.

Granato, D., Branco, G. F., Nazzaro, F., Cruz, A. G. y Faria, J. A. F. (2010). "Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts and products". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(3), pp. 292-302.

Islas, A.R., Calderón, A. M., Cabrera, F., Cota A.G. y Beta T. (2014). "Effect of semolina replacement with a raw: popped amaranth flour blend on cooking quality and texture of pasta". *LWT - Food Science and Technology*, 57, pp. 217-222.

Kadam, S. y Prabhasankar, P. (2010). "Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products". *Food Research International*, 43 (8), pp.1975-1980.

Koca, A.F. y Anil, M. (2007). "Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, pp.1172-1175.

Krishnan, M. y Prabhasankar, P., (2012). "Health based pasta: redefining the concept of the next generation convenience food". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, pp.9-20.

Lakshmi, N., Devi K., Aparna, K. y Kalpana, K. (2013). "Utilization of fish mince in formulation and development of pasta products". *International Food Research Journal*, 20(1), pp. 219-224.

Larrosa, V., Lorenzo, G., Zaritzky, N. y Califano, A. (2016). "Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta". *LWT - Food Science and Technology*, 70, pp. 96-103.

Liu, T., Hamid, N., Kantono, K., Pereira, L., Farouk, M.M. y Knowles, S.O. (2016). "Effects of meat addition on pasta structure, nutrition and in vitro digestibility". *Food Chemistry*, 213, pp. 108-114.



- Marti, A., Fongaro, L., Rossi, M., Lucisano, M. y Ambrogina Pagani, M. (2011). "Quality characteristics of dried pasta enriched with buckwheat flour". *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2393–2400.
- Martínez, J., De Arpe, C., Urrialde, R., Fontecha, J., Murcia, M., Gómez, C. y Villarino, A. (2008). *Nuevos alimentos para nuevas necesidades. Colección de Nutrición y Salud n ° 3*. (1<sup>a</sup> ed.) Madrid, España.
- Martínez, J., De Arpe, C., Urrialde, R., Fontecha, J., Murcia, M., Gómez, C. y Villarino, A. (2008). *Nuevos alimentos para nuevas necesidades. Colección de Nutrición y Salud n ° 3*. (1<sup>a</sup> ed.) Madrid, España.
- Mercier, S., Moresoli, C., Mondor, M., Villeneuve, S. y Marcos, B. (2016). "A Meta-Analysis of Enriched Pasta: What Are the Effects of Enrichment and Process Specifications on the Quality Attributes of Pasta?". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), pp. 685-704
- Mert, B., Tekin, A., Demirkesen, I. y Kocak, G. (2014). "Production of microfluidized wheat bran fibers and evaluation as an ingredient in reduced flour bakery product". *Food Bioprocess Technology*, 7, pp. 780-792
- Morris C.F. (2002). "Puroindolines: the molecular genetic basis of wheat grain hardness". *Plant Molecular Biology*, 48, pp. 633–647
- Oliveira, I.S., Lourencao, L.D.F.H., Sousa, C.L., Joele, M.R.S. y Ribeiro, S.D.C. (2015). "Composition of MSM from Brazilian catfish and technological properties of fish flour". *Food Control*, 50, pp. 38 –44
- Pagani, M., Luciano, M. y Mariotti, M. (2007). "Traditional Italian Products from Wheat and Other Starchy Flours". En: Hui, H.Y. (Coord). *Handbook of Food Products Manufacturing: Principles, bakery, beverages, cereals, cheese, confectionary, fats, fruits and functional foods*. Wiley- Interscience, pp. 328-361. ISBN 978-0-470-12525-0.
- Sabanis, D. y Tzia, C. (2010). "Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread." *Food Science and Technology International*, 17, pp. 279-91.
- Smatanová, N. y Lackobartosova, M. (2014). "Noodle quality of winter wheat cultivated in sustainable farming systems". *Journal of Central European Agriculture*, 15, pp. 84-94.
- Sicignano, A., Di Monaco, R., Masi, P. y Cavella, S. (2015). "From raw material to dish: pasta quality step by step". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), pp. 2579-2587.
- Sissons, M.J. (2004). "Pasta". En: Collin, W., Corke, H., Walker, C.F. (2004). *Encyclopedia of Grain Science*. Elveiser, pp. 409-417.
- Sissons, M.J., Egan, N.E., Gianibelli, M.C. (2005). "New insights into the role of gluten on durum pasta quality using reconstitution method". *Cereal Chemistry*, 82, pp. 601-608.

Sivam, A.S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S. y Perera, C.O. (2010). "Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: A review". "Journal of Food Science", 75, pp. 163-74.

Tetens, I. (2010). *EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol*. European Food Safety Authority.

Verardo, V., Ferioli, F., Riciputi, Y., Iafelice, G., Marconi, E., y Caboni, M. F. (2009). "Evaluation of lipid oxidation in spaghetti pasta enriched with long chain n-3 polyunsaturated fatty acids under different storage conditions". *Food Chemistry*, 114, pp. 472-477.

Vernaza, M.G., Biasutti, E., Schmiele, M., Jaekel, L.Z., Bannwart, A. y Chang, Y.K. (2012). "Effect of supplementation of wheat flour with resistant starch and monoglycerides in pasta dried at high temperatures". *International Journal of Food Science & Technology*, 47, pp. 1302–1312.

Yan, N. y Chen, X. (2015). "Sustainability: Don't waste seafood waste". *Nature*, 524(7564), pp.155-157.

Vijaykrishnaraj, M., Bharath Kumar, S. y Prabhasankar, P. (2014). "Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: product quality, microstructure and biofunctional evaluation". *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9, pp. 76–85.

Pongpichaiudom, A. y Songsermpong, S. (2018). "Evaluation of microstructure and quality characteristics of microwave-dried instant noodles enriched with chicken meat, egg yolk, and seaweed." *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, pp. 22-34.